



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

Martin Pabusk

**AUTOREMONDI JA –HOOLDUSE TÖÖKOJA
ELEKTRISEADMED**

ELECTRICAL DEVICES IN CAR REPAIR WORKSHOP

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Kaupo Toom, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Martin Pabusk		Õppekava: Tehnika ja Tehnoloogia (384)	
Pealkiri: Autoremondi ja –hoolduse töökoja elektriseadmed			
Lehekülgi: 65	Jooniseid: 9	Tabeleid: 6	Lisasid: 10
Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool			
Uurimisvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika, 4.17 Energeetikaalased uuringud			
CERCS: T140 Energeetika			
Juhendaja: Kaupo Toom, <i>PhD</i>			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2018			
<p>Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli koostada elektriprojekt ja valgustuse projekt autoremondi ja -hoolduse töökoja alusel. Ehitusobjekt asub Tartumaal, Kambja vallas, Reola külas. Hoone on amortiseeriunud, mistõttu teostatakse täielik renoveerimine, sealhulgas valgustuse ja elektriosa rekonstrueerimine. Bakalaureusetöös on käsitletud põhilisi elektri- ja valgustuse projekti osi. Projektide koostamisel on lähtutud kehtivatest seadustest, standarditest ja määrustest. Seadmete korrektseks valimiseks ja kontrollimiseks on teostatud asjakohased arvutused. Töö raames koostati elektriosa ja valgustuse osa skeemid. Elektriosa skeemid teostati programmiga AutoCad ning valgustuse osa teostati programmiga DIALux. Bakalaureusetööna teostatud projekti kasutatakse osaliselt hoone elektripaigaldise rekonstrueerimisel.</p>			
Märksõnad: Elektripaigaldis, elektrotehnika, valgustus, valgustid, kaitseseadmed			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor’s Thesis	
Author: Martin Pabusk		Curriculum: Engineering (384)	
Title: Electrical Devices in Car Repair Workshop			
Pages: 65	Figures: 9	Tables: 6	Appendixes: 10
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Field of research: 4. Natural Sciences and Engineering, 4.17 Energetic Research CERCS: T140 Energy Research Supervisors: Kaupo Toom, <i>PhD</i> Place and date: Tartu, 2018			
The purpose of this Bachelor’s thesis is to draw up an electrical projekt and lighting projekt on the basis of a car repair and maintenance workshop. The object is located in Tartu Country, Kambja municipality, village of Reola. The object is depreciated, which is why a complete renovation will be made, including the reconstruation of lighting and electrical connections and components. This thesis concludes the main elements of a standard electricity and lighting projects. Regulations, standards and current laws are taken into account. For correct selection and to verify chosen components, appropriate calculations have been made. Electrical projekt is executed with AutoCad and lighting projekt is executed with DIALux. The projekt carried out as a Bachelor’s thesis is partly used in the real reconstruction of the building’s electrical installation.			
Keywords: Electrical installation, electrical engineering, lighting, lamp, circuit braker			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. EHITUSOBJEKT	6
1.1. Üldiseloostus.....	6
1.2. Normdokumendid	7
2. ELEKTOTEHNILISED ARVUTUSED	9
2.1. Installeeritud ja arvutuslik võimsus	9
2.2. Hoone toitekaabli ristlõike ja peakaitseüliti arvutus.....	10
2.3. Maandustakistuse arvutus	11
2.4. Pingekao arvutus toiteliinis.....	13
2.5. Pistikupesade ja valgustuse toiteahelate pingekadude arvutus	14
2.6. Pingete kõrvalekalded.....	15
2.7. Elektrivõrgu pinge vähenemine elektrimootori käivitamisel.....	15
2.8. Lühisvoolude arvutused	17
2.9. Hoone kaitseseadmete valik.....	23
3. HOONE VALGUSTUSPROJEKT	28
3.1. Valgustusprojekt	28
3.2. Valgustite valik	30
3.3. Valgustusseadmete koguvõimsus	33
KOKKUVÕTE	35
KASUTATUD KIRJANDUS.....	36
LISAD	38
Lisa A. Lihtlitsents	39
Lisa B. Hoone elektrilised joonised.....	40
Lisa C. Arvutustulemused	41
Lisa D. Dialuxi dokumendid	47

SISSEJUHATUS

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli koostada autoremondi ja –hoolduse töökoja alusel hoonele uus elektri- ja valgustuseprojekt. Koostatud projektid on kooskõlas kehtivate seaduste, eeskirjade ja standarditega.

Hoone projekti raames valitakse sobilikud elektriseadmed, valgustuse seadmed, kaitseaparatuur ja ühenduskaabeldus. Tarvikute valikuks ja eelkõige kontrollimiseks teostatakse asjakohased elektrilised arvutused. Teostatakse hoone elektrotehnilised arvutused, sealhulgas installeeritud ja arvutuslikud võimsused, uue toitekaabli minimaalne ristlõige, maanduspaigaldis, peakaitselülitite suurus, lühisvoolud ja pingekaod.

Elektriline osa teostatakse programmiga AutoCad, mille raames määratakse ära elektriseadmete asukohad ja hulk. Valgustuse osa teostatakse programmiga DIALux, mille raames määratakse ära valgustite ja lülitite hulga ja asukohad.

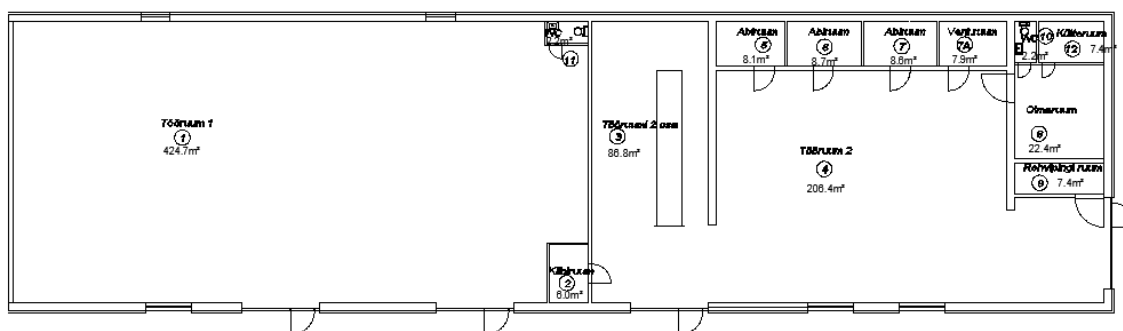
Bakalaureusetöö on koostatud nii, et seda on võimalik kasutada osaliselt reaalse ehituse alusena. Projekti lisadesse on lisatud vastavad skeemid, joonised ja arvutused.

1. EHITUSOBJEKT

1.1. Üldiseloomustus

Bakalaureusetöö aluseks võetakse olemasolev hoone, mis on kasutuses autoremondi- ja hoolduse töökojana. Hoone asub Tartumaal, Kambja vallas, Reola külas. Hoone on amortiseerunud, mistõttu teostatakse täielik renoveerimine, sealhulgas uue elektriosa ja valgustuse osa paigaldus täies mahus. Projekti nõuetele vastavuse huvides on hoonestuse tegelikku olukorda muudetud. Projekt teostati hoone 1. korruse alusel. Käesoleva töö raames määrati hoone pistikupesade, lülitite ja muude elektriseadmete asukohad ning teostatakse asjakohased arvutused. Samuti teostatakse valgustusarvutused ja valitakse nõuetekohased valgustid.

Eesti Ehitisregistri andmetel on hoone esmane kasutuselevõtu aasta 1975. Kasutamise otstarbeks on määratud: 12332 Sõidukite teeninduse hoone. Joonisel 1.1 on toodud hoone joonis.



Joonis 1.1. Ehitusobjekti hoone joonis

Järgnevalt tuuakse välja hoone põhiandmed:

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| • Maakasutuse sihtotstarve | 100 % tootmismaa |
| • Ehitise tuleohutus | tulekindel TP1 [1] |
| • Korruste arv | 1 |
| • Hoone suletud netopind | 804,2 m² |

Hoone liitumispunkt asub Tarbija toitekaabli klemmidel kinnistu serval asuvas jaotuskilbis. Hoone elektritoiteks on hetkel kasutusel 1975 aastal paigaldatud tundmatu kaabelliin. Peale nii pikka tööaega, võib antud kaabelliini lugeda amortiseerunuks ning vajab asendust. Olemasolev toitekaabel asendatakse maakaabliga AXPk 4G35. Seoses elektrivõrgu uuendamisega paigaldatakse olemasoleva jaotuskilbi kõrvale sokliga pinnases uus liitumiskilp, kus hakkab olema hoonestuse liitumispunkt ehk elektriarvesti ning peakaitseüliliiti.

Järgnevalt tuuakse välja hoone elektrotehnilised andmed:

• Ühenduspunkt	Eesti Energia liitumispunkt
• Pingesüsteem	3x400/230V 50Hz;
• Olemasoleva toitevõrgu juhistiku süsteem	TN-C
• Ehitatav juhistikusüsteem	TN-S
• Installeeritud võimsus	52,15 kW
• Arvutuslik võimsus	44,64kW
• Peakaitse suurus	3x63A
• Elektritoite maakaabelliin	AXPK 4G35

Ühenduspunkt on määratud Elektrilevi OÜ veebikeskkonnas Webmap.

1.2. Normdokumendid

Hoone elektripaigaldise projekteerimisel lähtuti järgnevatest kehtivatest normdokumentidest:

- Ehitusseadustik;
- Seadme ohutuse seadus;
- Tuleohutuse seadus
- Seadmete energiatõhususe seadus;
- Eesti Standard EVS-EN 61140:2016/AC:2017 „Kaitse elektrilöögi eest. Ühisnõuded paigaldistele ja seadmetele”;
- Eesti Standard EVS-EN 50110-1:2013 „Elektripaigaldiste käit”;
- Eesti Standard EVS-EN 61439-3:2012 "Madalpingelised aparaadikoosted”;
- Eesti Standard EVS-EN 12464-1:2011 „Valgus ja valgustus”;

- Eesti Standard EVS 932:2017 „Ehitusprojekt”;
- Eesti Standard EVS-HD 60364-4-42:2011/A1:2015 „Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-42: Kaitseviisid. Kaitse kuumustoime eest”;
- Eesti Standard EVS-HD 60364-4-43:2010 „Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse”;
- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 74. 26.06.2015. “Elektripaigaldise käidule ja elektritööle esitatavad nõuded”;
- Hoone Tehnosüsteemide RYL 2002;
- kasutatavate seadmete ja materjalide tootjapoolsed eeskirjad;
- Elektrilevi OÜ 0,4 kV võrgustandardid;
- teised Eesti Vabariigi õigusaktid ja seadused.

Eelnevalt nimetatud dokumentidega kooskõlas projekteeritakse hoonele uus elektriprojekt ja valgustuse projekt. Nimetatud dokumente järgitakse ka hilisemal elektrikäidul.

2. ELEKTOTEHNILISED ARVUTUSED

2.1. Installeeritud ja arvutuslik võimsus

Ehitusobjektiks on autoremondi- ja hooldustöökoda, milles on mitmeid erinevaid elektrilisi seadmeid. Installeeritud võimsuseks on kogu hoones olevate elektritarbijate nimivõimsuste ja nende gruppide summa. Arvutuslikuks võimsuseks on kogu hoones olevate elektritarbijate nimivõimsuste summa arvestades nõudetegurit. Arvutusliku võimsuse alusel määratakse hoonele vajalik toitekaabli ristlõige. [2]

Toiteahelate gruppide arvutuslik võimsus arvutatakse nõudeteguri abil järgmiselt:

$$P_{avg} = P_{in} \cdot k_n, \quad (2.1)$$

kus P_{avg} on grupi arvutuslik võimsus, W;

P_{in} — installeeritud võimsus, W;

k_n — nõudetegur.

Nõudetegur arvutatakse elektritarbijate üheaegsusteguri ja koormusteguri korrutisena:

$$k_n = k_{\ddot{u}} \cdot k_k, \quad (2.2)$$

kus $k_{\ddot{u}}$ on seadme või grupi üheaegsustegur;

k_k — seadme või grupi koormustegur.

Arvutustulemused on välja toodud lisas C.

Gruppide üheaegsustegurid valitakse arvestades tarbijate arvu grupis vastavalt tabelile 2.1.

Tabel 2.1. Üheaegsustegurid [3]

Tarbijate arvgrupis	Üheaegsustegur $k_{\ddot{u}}$
1	1
2	0,85
3	0,80
4-5	0,75
6-7	0,70
8-10	0,65
11-15	0,60
16-20	0,55

Vajalikud koormustegurid valitakse arvestades tarbija iseloomu vastavalt tabelile 2.2.

Tabel 2.2. Koormustegurid [3]

Tarbija iseloom	Koormustegur k_k
Pistikupesa	1
Valgustuse seade	1
Elektrimootor	0,6

Hoone installeeritud võimsus leitakse summeerides kõikide elektritarbijate paigaldusvõimsused:

$$\sum P_i = 52,15 \text{ kW}$$

Hoone installeeritud võimsuseks on 52,15 kW.

Hoone arvutuslik võimsus on määratud arvestades kõikide elektrikilpide gruppide üheaegsustegureid. Hoone arvutuslikuks võimsuseks on 44,64 kW.

2.2. Hoone toitekaabli ristlõikeja peakaitseülitite arvutus

Arvutusliku võimsuse alusel on arvutatud hoonele toitekaabli minimaalne lubatud ristlõige.

Hoone toitekaabli ristlõike minimaalne suurus leitakse valemiga 2.4: [4]

$$s = \frac{100\rho \sum P_i l}{\Delta U_{\%} U^2}, \quad (2.4)$$

kus s on minimaalne toitekaabli ristlõige, mm^2 ;

ρ – juhi materjali eritakistus, $\rho_{Al} = 0,028 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ [5];

l – toitekaabli pikkus, $l = 40 \text{ m}$;

$\Delta U_{\%}$ – lubatud pingekadu, $\Delta U_{\%} = 1,0$;

U – liinipinge, $U = 400 \text{ V}$.

Vastavalt valemile 2.4 on arvutatud toitekaabli ristlõige.

$$s = \frac{100\rho \sum P_i l}{\Delta U_{\%} U^2} = \frac{100 \cdot 0,028 \cdot 44640 \cdot 40}{1 \cdot 400^2} = 31,25 \text{ mm}^2,$$

Minimaalne lubatud toitekaabli ristlõige on $31,25 \text{ mm}^2$. Toitekaabliks on valitud alumiiniumjuhtmetega ja XLPE isolatsiooniga 1 kV jõukaabel AXPB 4G35. Antud kaabel on sobilik paigalduseks välitingimustesse.[7]

Hoone peakaitseüldi on arvutatud hoone faasivoolu alusel. Hoone faasivool on leitud omakorda arvutusliku võimsuse järgi. Faasivool on arvutatud valemiga 2.5:

$$I_f = \frac{P_f}{3U_f a}, \quad (2.5)$$

kus P_f on suurim hoone ühe faasi võimsus, W;

U_f – faasipinge $U_f = 230 \text{ V}$,

a – faasidevahelise koormuse erinevuse tegur $a = 0,97$.

Suurimaks hoone ühe faasi võimsuseks on 39,77 kW. Vastavalt valemile 2.5 leitakse faasivool:

$$I_f = \frac{P_f}{3U_f a} = \frac{39770}{3 \cdot 230 \cdot 0,97} = 59,42 \text{ A},$$

Faasivoolu väärtuseks arvutati 59,42 A. Vastavalt faasivoolu suurusele on võimalik valida hoonele peakaitse. Antud juhul valitakse hoonele peakaitseülditiks automaatkaitseüldi nimivooluga 63A.

2.3. Maandustakistuse arvutus

Hoonele rajatakse piksekaitse. Maanduselektroodide kogupikkuseks peab III (piksekaitse tõhusus antud tasemel 90 %) piksekaitsetaseme korral olema minimaalselt 5m ning soovituslik maandustakistus alla 10Ω . Maandusvarrasteks kasutatakse tšingitud ribaterasest maanduselektroode, mis paigaldatakse 0,7 m sügavusele. Maanduselektroodid märgistatakse 0,5 m sügavusel maanduse märkelindiga. Maandusjuhik ühendatakse maanduriga poltliidetega. Peamiseks maandusjuhiks kasutatakse vaskjuhti läbimõõduga 25 mm^2 . [2]

Maandustakistus arvutatakse maa ja maanduse vahelise takistusena. Ühe vertikaalse elektroodi maandustakistus on võimalik leida valemiga 2.6: [6]

$$R = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l}{d}, \quad (2.6)$$

kus R on elektroodi maandustakistus, Ω ;
 ρ – arvutuslik pinnase eritakistus, $\Omega \cdot \text{m}$;
 l – elektroodi tegevpikkus, m;
 d – varda välisläbimõõt, $d = 0,02 \text{ m}$.

Hoonestuse ümbruse pinnas on peamiselt liivsavi. Liivsavi eritakistuse muutumise piirideks on $40 \dots 150 \Omega \cdot \text{m}$ [4]. Soovitav maandustakistuse väärtuseks ligikaudseteks arvutusteks on võtta 100Ω [4]. Selleks, et leida vajalik maandustakistus arvestades igat aastaaega, võetakse väärtuseks maksimum.

Vastavalt valemile 2.6 saadakse ühe vertikaalse elektroodi maandustakistus:

$$R = \frac{150}{\pi \cdot 12} \ln \frac{2 \cdot 12}{0,02} = 28,21 \Omega.$$

Eelnevast arvutusest võib järeldada, et vajaliku maandustakistuse saavutamiseks on vajalik paigaldada mitu elektroodi. Sellest tulenevalt on vajalik arvestada elektroodide kasutegurit. Rühmast koosneva maandurite maandustakistus on leitav valemiga 2.7: [4]

$$R_k = \frac{R}{\eta}, \quad (2.7)$$

kus R_k on kontuuri maandustakistus, Ω ;
 η – maanduri kasutegur, $\eta = 0,83$.

Vastavalt valemile 2.7 leitakse rühmast koosneva maandurite maandustakistus:

$$R_k = \frac{R}{\eta} = \frac{28,21}{0,83} = 33,99 \Omega,$$

Maanduselektroodide arv leitakse valemiga 2.8: [4]

$$n = \frac{R_k}{r_m}, \quad (2.8)$$

kus n on maanduselektroodide arv;

r_m – soovitatav maandustakistus, $r_m = 30 \, \Omega$.

Vastavalt valemile 2.8 leian maanduselektroodide arvu:

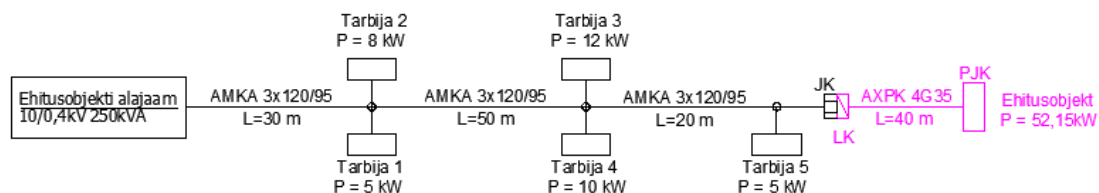
$$n = \frac{R_k}{r_m} = \frac{33,99}{30} = 1,133.$$

Vajalikuks maandustakistuseks arvestatakse $30 \, \Omega$, mille jaoks on vajalik paigaldada 2 maanduselektroodi.

2.4. Pingekao arvutus toiteliinis

Juhtmete ja kaablite üheks valikukriteeriumiks on pingekadod. Pingekadusid saab vähendada valides suurema ristlõikega kaabeldust või rakendades väiksemaid paigaldusvahemaid. Madalpingevõrgu liitumispunktis peab olema pingelangu muutus maksimaalselt $\pm 10 \, \%$ nimipingest vastavalt standardile EVS-EN 50160:2010/A1:2015. Elektrivõrgus alates liitumispunktist peaksid pingelangu muutused jääma vahemikku $\pm 4 \, \%$ toitepingest vastavalt standardile EVS-HD 60364-5-52:2011.

Toiteliini pingekadu arvutatakse alajaama ning ehitusobjekti vahel. Ehitusobjekt saab toite olemasolevast kioskalajaamast, mis asub 140m kaugusel hoone peajaotuskilbist. Kioskalajaamas on transformaator nimivõimsusega $250 \, \text{kV} \cdot \text{A}$ ning lülitusgrupiga täht-täht Yyn. Kioskalajaamast kulgeb toiteliin õhukaablina AMKA 3x120/95. Toiteliinil on lisaks ehitusobjektile veel 5 Tarbijat, mida peab pingekadude arvutamisel arvestama. Toiteliini muude Tarbijate summaarne võimsus on $40 \, \text{kW}$. Joonisel 2.1 on toodud toiteahela skemaatiline joonis.



Joonis 2.1. Toiteliini joonis ehitusobjektini

Järgnevalt arvutatakse pingekadod eri toiteliinide osade kohta. Pingekadod arvutatakse valemiga 2.9: [8]

$$\Delta U_{\%} = \frac{100\rho \sum Pl}{sU^2}, \quad (2.9)$$

kus ρ on elektrijuhi eritakistus, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;
 l – kaablilõigu pikkus;
 P – koormus liinilõigul;
 s – elektrijuhi ristlõige, mm^2 ;
 U – toitepinge.

Valemi 2.9 alusel arvutatakse liinilõikude pingekaod alates alajaamast kuni ehitusobjekti peajaotuskilbini ning tulemused on kujutatud tabelis 2.3

Tabel 2.3. Toiteliini lõikude pingekaod

Lõigu nr.	Juhi mark	Juhi ristlõige s , mm^2	Lõigu pikkus l , m	Koormus liinilõigul P , kW	Tarbijate arv	Elektrijuhi eritakistus ρ , $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Lubatud pingekadu, %	Pingekadu ΔU %
1	AMKA 3x120/95	120	30	92,15	6	0,028	$\Sigma = 10$	0,40
2	AMKA 3x120/95	120	50	79,15	4	0,028		0,58
3	AMKA 3x120/95	120	20	57,15	2	0,028		0,17
4	AXPK 4G35	35	40	52,15	1	0,028	4	1,04
								$\Sigma = 2,19$

Tabelist 2.3 võib välja lugeda, et pingekadu hoone peajaotuskilbi klemmidel on 2,19 %, mis jääb lubatud vahemikku. Pingekao väärtust võib lugeda väga heaks, mis tähendab, et elektrivõrk tagab piisava elektrivarustuse.

2.5. Pistikupesade ja valgustuse toiteahelate pingekadude arvutus

Lisanduvalt toiteliini pingekaole, arvutatakse ka pistikupesade ja valgustusahelate pingekaod. Pingekadude alusel on võimalik määrata ahelate elektrikaablite tüübid ja ristlõiked. Kolmefaasiliste tarbijate puhul kasutatakse pingekadude leidmiseks valemit 2.9:

$$\Delta U_{\%} = \frac{100\rho \sum Pl}{sU^2},$$

Ühefaasiliste Tarbijate korral kasutatakse pingekadude leidmiseks valemit 2.10 [8]:

$$\Delta U_{\%} = \frac{200\rho \sum Pl}{sU_f^2}, \quad (2.10)$$

Valemite 2.9 ja 2.10 alusel on arvutatud kõikide gruppide pingekaod. Arvutuste tulemused on välja toodud lisas C.

2.6. Pingete kõrvalekalded

Selleks, et võrgupinge oleks kvaliteetne ja sobilik kõikidele elektriseadmetele, peab pinge kõrvalekallete vahemik jääma $\pm 5\%$ vahemikku. Toiteliini algul on eelnevast tingitud võimalusel hoida pinge $+\Delta U_{lub}$ võrra nimipingest kõrgem jatoiteliini lõpus võib sellisel juhul see olla $-\Delta U_{lub}$ võrra madalam. Elektrivõrgu koormus ei ole pidev, mistõttu pingete kõrvalekalded arvutatakse juhul, kui koormus on 100 % ning juhul, kui koormus on 25 %. Arvutustulemused on toodud tabelis 2.4. [4]

Tabel 2.4. Pinge kõrvalekalded kahel juhul toitealajaamast tarbijateni

Ahela osa	Pinge kõrvalekalle	
	Koormus, %	
	100	25
Trafo	- 4,0	- 1,0
Pingelisa	+5	+5
Pinge kadu 0,4 kV võrk	-1,15	-0,29
Liitumiskilbi kõrvalekalle	-0,15	+3,71
Sisestusliin	-1,04	-0,26
Peajaotuskilbi kõrvalekalle	- 1,19	+3,45
Lähim tarviti	—	-0,02
Kaugeim tarviti	-0,5	—
Kokku	-1,69	+3,43

Tabelist 2.4 võib välja lugeda, et trafo 100 % koormusel on hoone kõige kaugemas tarbijas pinge kõrvalekalle -1,69 % ja 25 % koormusel hoone kõige lähemas tarbijas +3,43 %.

2.7. Elektrivõrgu pinge vähenemine elektrimootori käivitamisel

Ehitusobjektis on kompressor, milleks on lühisrootoriga asünkroonmootor. Sellise mootori käivitusvool ületab mootori nimi voolu 4...7 kordselt [4]. Eelmainitud elektrimootor on jaotuskeskuse PJK1 grupp 1 toitel. Vajalik on arvestada elektrimootori suure

käivitusvooluga, mille tulemusena tekivad elektrivõrgus pingevähenemised. Kompressori mootori nimiparameetrid on järgmised:

- $P_n = 5,5 \text{ kW}$;
- $n_n = 1200 \text{ min}^{-1}$;
- $\cos \varphi_n = 0,79$;
- $I_n = 9,2 \text{ A}$;
- $\eta_n = 81 \text{ \%}$.

Järgnevalt arvutatakse pinge vähenemise ligikaudne suurus eelmainitud lühisrootoriga asünkroonmootori käivitamisel valemiga 2.11 [4]

$$\Delta U_{\%} = \frac{z_t + z_l}{z_t + z_l + z_{mk}} \cdot 100, \quad (2.11)$$

kus z_t on trafo näivtakistus, Ω ;
 z_l – liini näivtakistus, Ω ;
 z_{mk} – mootori näivtakistus käivitamisel, Ω ;

Näivtakistused trafo ja liini puhul arvutatakse jaotises 2.7. Arvutatud väärtused on vastavalt $z_t = 0,0256 \Omega$ ja $z_l = 0,3115 \Omega$.

Järgnevalt on vajalik leida mootori näivtakistus, mis arvutatakse valemiga 2.12 [4]:

$$z_{mk} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot \mu_k}, \quad (2.12)$$

kus U_n on mootori nimipinge, V;
 I_n – mootori nimivool, A;
 μ_k mootori käivitusvoolu kordsus nimivoolu suhtes.

Valemi 2.12 alusel arvutatakse mootori näivtakistus:

$$z_{mk} = \frac{U_n}{\sqrt{3} I_n \cdot \mu_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 9,2 \cdot 7} = 3,586 \Omega,$$

Vastavalt valemile 2.11 on võimalik nüüd arvutada võrgupinge vähenemine mootori käivitamisel:

$$\Delta U_{\%} = \frac{0,0256 + 0,3115}{0,0256 + 0,3115 + 3,586} \cdot 100 = 8,59 \%$$

Antud lühisrootoriga asünkroonmootoria kompressori käivitamisel tekkiv pingelang on 8,59 %. Arvutatud tulemust võib pidada normaalseks vahemikuks, kuna selline pingelang ei ole muudele tarbijatele ohtlik.

2.8. Lühisvoolude arvutused

Elektrivõrgu kaablite ning kaitseseadmete korrektseks määramiseks on vajalik teada nii minimaalseid kui maksimaalseid lühisvoole ehk ühe- ja kolmefaasilisi lühisvoole. Ühefaasilised lühisvoolud leitakse grupiliinidel, kolmefaasilised lühisvoolud leitakse peajaotuskeskuses.

Kolmefaasilist lühisvoolu arvutatakse valemiga 2.13: [4]

$$I_k^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3 \cdot \sum z^{(3)}}} = \frac{U_f}{\sum z^{(3)}} = \frac{U_f}{\sqrt{(\sum r^{(3)})^2 + (\sum x^{(3)})^2}} \quad (2.13)$$

kus $I_k^{(3)}$ on kolmefaasiline lühisvool, A;
 z – vooluahela näivtakistus, Ω ;
 r – vooluahela aktiivtakistus, Ω ;
 x – vooluahela induktiivtakistus, Ω .

Ühefaasilist lühisvoolu arvutatakse valemiga 2.14: [4]

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{\sum z^{(1)}}, \quad (2.14)$$

kus $I_k^{(1)}$ on ühefaasiline lühisvool, A;

Trafo näivtakistust kolmefaasilise lühise juhul arvutatakse valemiga 2.15: [4]

$$z_t^{(3)} = \frac{U_{k\%} \cdot U^2}{100 \cdot S_t}, \quad (2.15)$$

kus $U_{k\%}$ on trafo lühispinge, $U_{k\%} = 4$ [9];
 S_t – trafo näivvõimsus, $S_t = 250 \text{ kV} \cdot \text{A}$

Vastavalt valemile 2.15 leitakse trafo näivtakistus kolmefaasilise lühise korral:

$$z_t^{(3)} = \frac{U_{k\%} \cdot U^2}{100 \cdot S_t} = \frac{4 \cdot 400^2}{100 \cdot 250000} = 0,0256 \, \Omega,$$

Trafo näivtakistust ühefaasilise lühise juhul arvutatakse valemiga 2.16: [4]

$$z_t^{(1)} = \frac{26000}{S_t} \quad (2.16)$$

Vastavalt valemile 2.16 leitakse trafo näivtakistus ühefaasilise lühise korral:

$$z_t^{(1)} = \frac{26000}{S_t} = \frac{26000}{250000} = 0,104 \, \Omega.$$

Järgnevalt on vajalik leida 1 km juhtme aktiivtakistus täpsustatud meetodil ja arvutatakse valemiga 2.17: [4]

$$r_0 = C_\vartheta \cdot C_k \cdot C_p \cdot \rho_{15} \cdot \frac{10^3}{S}, \quad (2.17)$$

- kus r_0 on 1 km juhtme aktiivtakistus, $\Omega \cdot \text{km}$;
- C_ϑ – juhtme temperatuuri arvestav tegur;
- C_k – köisjuhtme üksikjuhtide spiraalsust arvestav tegur, $C_k = 1,02$ [4];
- C_p – pinnanähtust arvestav tegur, $C_p = 1$ [4];
- ρ_{15} – juhi eritakistus temperatuuril $+15 \, ^\circ\text{C}$, ($\rho_{15(\text{Cu})} = 0,0172$ ja $\rho_{15(\text{Al})} = 0,028$ [8]).

Vajalik on leida juhtme temperatuuri mõju arvestav tegur valemiga 2.18: [4]

$$C_\vartheta = 1 + \alpha_{15}(\vartheta - 15), \quad (2.18)$$

- kus α_{15} on takistuse temperatuuritegur, ($\alpha_{15(\text{Cu})} = 0,004 \, \text{K}^{-1}$,
 $\alpha_{15(\text{Al})} = 0,0039 \, \text{K}^{-1}$ [8]);
- ϑ – keskkonna temperatuur.

Kolmefaasilise liini aktiivtakistus on võimalik leida valemiga 2.19: [4]

$$r_l^{(3)} = r_0 l. \quad (2.19)$$

Ühefaasilise liini aktiivtakistus on võimalik leida valemiga 2.20: [4]

$$r_l^{(1)} = r_0 2l. \quad (2.20)$$

Lülite kontaktide takistust arvestav liini aktiivtakistus trafost lühisekohani arvutatakse valemiga 2.21: [4]

$$r = r_l + r_k, \quad (2.21)$$

kus r_k on kilbis paiknevate lülite kontaktide takistus, $r_k = 0,015 \, \Omega$ [4];

Järgnevalt on vajalik leida kolmefaasilise liini 1 km induktiivtakistus, eeldusel, et koormus on sümmeetriline. Arvutatakse valemiga 2.22: [4]

$$x_0 = 0,063 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0157 \mu, \quad (2.22)$$

kus x_0 on kolmefaasilise liini 1km induktiivtakistus, Ω/km ;

a_k – keskmine juhtmete vaheline kaugus, mm;

r_e – juhtmete ekvivalentne raadius, mm;

μ – juhtmematerjali suhteline magnetiline läbitavus, $\mu = 1$.

Induktiivtakistust ühefaasilise liini 1 km kohta arvutatakse valemiga 2.23: [4]

$$x_{10} = 0,1256 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0314, \quad (2.23)$$

Terve liini induktiivtakists leitakse valemiga 2.24: [4]

$$x = x_0 l. \quad (2.24)$$

Näivtakistus liinilõigus arvutatakse valemiga 2.25: [4]

$$\sum z = \sqrt{(\sum r)^2 + (\sum x)^2}. \quad (2.25)$$

Peajaotuskeskuse lühisvoolude leidmiseks on vajalik leida transformaatori, õhuliinide ja sisestuskaabli näivtakistused ja nende põhjal lühisvoolud.

Vastavalt valemitele 2.17 ja 2.18:

$$C_{\vartheta} = 1 + \alpha_{15}(\vartheta - 15) = 1 + 0,0039 \cdot (70 - 15) = 1,215$$

$$r_0 = C_{\vartheta} \cdot C_k \cdot C_p \cdot \rho_{15} \cdot \frac{10^3}{s} = 1,215 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 0,028 \cdot \frac{10^3}{120} = 0,289 \, \Omega \cdot \text{km}$$

Valemite 2.22 ja 2.23 alusel arvutatakse 1 km liini induktiivtakistused õhukaabli AMKA 3x120/95 kohta. Õhukaabli parameetriteks on: $a_k = 20 \text{ mm}$ ja $r_e = 7 \text{ mm}$.

$$x_0 = 0,063 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0157 \mu = 0,063 \ln \frac{20}{7} + 0,0157 \cdot 1 = 0,0818 \, \Omega \cdot \text{km}$$

$$x_{10} = 0,1256 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0314 = 0,1256 \ln \frac{20}{7} + 0,0314 = 0,1632 \, \Omega \cdot \text{km}$$

Järgnevalt arvutatakse õhuliini aktiiv- ja induktiivtakistused 100m kohta:

$$r_l^{(3)} = r_0 l = 0,289 \cdot 0,1 = 0,0289 \, \Omega$$

$$r_l^{(1)} = r_0 2l = 0,289 \cdot 2 \cdot 0,1 = 0,0578 \, \Omega$$

$$x_l^{(3)} = x_0 l = 0,0818 \cdot 0,1 = 0,0081 \, \Omega$$

$$x_l^{(1)} = x_{10} l = 0,1632 \cdot 0,1 = 0,0163 \, \Omega$$

Järgides eelnevalt välja toodud valemeid, leitakse ka valitud maakaabli AXP 4G35 induktiiv- ja aktiivtakistused 1 km kohta. Kaabli parameetrid on: $a_k = 11 \text{ mm}$ ja $r_e = 2,82 \text{ mm}$.

$$C_{\vartheta} = 1 + \alpha_{15}(\vartheta - 15) = 1 + 0,0039 \cdot (90 - 15) = 1,2925$$

$$r_0 = C_{\vartheta} \cdot C_k \cdot C_p \cdot \rho_{15} \cdot \frac{10^3}{s} = 1,2925 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 0,028 \cdot \frac{10^3}{35} = 1,4766 \, \Omega \cdot \text{km}$$

$$x_0 = 0,063 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0157 \mu = 0,063 \ln \frac{11}{2,82} + 0,0157 \cdot 1 = 0,1015 \Omega \cdot \text{km}$$

$$x_{10} = 0,1256 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0314 = 0,1256 \ln \frac{11}{2,82} + 0,0314 = 0,2024 \Omega \cdot \text{km}$$

AXPK 4G35 induktiiv- ja aktiivtakistused 40m kohta arvutatakse järgnevalt:

$$r_l^{(3)} = r_0 l = 1,4766 \cdot 0,04 = 0,0591 \Omega$$

$$r_l^{(1)} = r_0 2l = 1,4766 \cdot 2 \cdot 0,04 = 0,1181 \Omega$$

$$x_l^{(3)} = x_0 l = 0,1015 \cdot 0,04 = 0,0041 \Omega$$

$$x_l^{(1)} = x_{10} l = 0,2024 \cdot 0,04 = 0,0081 \Omega$$

Arvutatud aktiivtakistustele liidetakse lülitite kontaktide takistus. Õhuliin AMKA 3x120/95 aktiivtakistused koos lülititekontaktide takistusega:

$$r_l^{(3)} = 0,0289 + 0,015 = 0,0439 \Omega$$

$$r_l^{(1)} = 0,0578 + 0,015 = 0,0728 \Omega$$

AXPK 4G35 aktiivtakistused koos lülitite kontaktide takistustega:

$$r_l^{(3)} = 0,0591 + 0,015 = 0,0741 \Omega$$

$$r_l^{(1)} = 0,1181 + 0,015 = 0,1331 \Omega$$

Näivtakistused arvutatakse takistuskolmnurga abil. Õhukaabli AMKA 3x120/95 pikkusega 100 m näivtakistused:

$$z_l^{(3)} = \sqrt{(r_l^{(3)})^2 + (x_l^{(3)})^2} = \sqrt{0,0289^2 + 0,0081^2} = 0,03 \Omega$$

$$z_l^{(1)} = \sqrt{(r_l^{(1)})^2 + (x_l^{(1)})^2} = \sqrt{0,0578^2 + 0,0163^2} = 0,06 \Omega$$

MaakaabliAXPK 4G35 pikkusega 40 m näivtakistused:

$$z_l^{(3)} = \sqrt{(r_l^2) + (x_l^2)} = \sqrt{0,0591^2 + 0,0041^2} = 0,059 \Omega$$

$$z_l^{(1)} = \sqrt{(r_l^2) + (x_l^2)} = \sqrt{0,1181^2 + 0,0081^2} = 0,118 \Omega$$

Ühe- ja kolmefaasilised lühisvoolud hoone peajaotuskeskuses arvutatakse trafo ja elektriliinide näivtakistuste kaudu:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_f}{\sum z^{(3)}} = \frac{230}{0,0256 + 0,03 + 0,06} = 1990 \text{ A}$$

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{\sum z^{(1)}} = \frac{230}{0,104 + 0,059 + 0,118} = 819 \text{ A}$$

Grupiliinide lõppude lühisvoolud leitakse analoogselt eelnevate arvutuste alusel. Arvutatakse vaid ühefaasilised lühisvoolud, kuna ühefaasilised lühisvoolud on suuremad ja nende alusel on kaitselüliti valik otstarbekam.

Hoone sisene elektripaigaldis ehitatakse PVC isolatsiooniga vaskkaablitega. Vaskkaablite maksimaalne lubatud temperatuur kestval koormusel on 70 °C. Temperatuuri mõju arvestav tegur on leitud eelnevalt.

Hoones on kasutatud PVC isolatsiooniga vaskkaableid, mille maksimaalne lubatav temperatuur on 70 °C ja temperatuuri mõju arvestav tegur leitakse:

$$C_{\vartheta} = 1 + \alpha_{15}(\vartheta - 15) = 1 + 0,004 \cdot (70 - 15) = 1,22$$

Leitakse paigalduskaabli XPJ 3G1,5 1km induktiiv- ja aktiivtakistus. Kaabli parameetrid on $a_k = 3,4 \text{ mm}$ ja $r_e = 0,69 \text{ mm}$:

$$r_0 = C_{\vartheta} \cdot C_k \cdot C_p \cdot \rho_{15} \cdot \frac{10^3}{s} = 1,22 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 0,0172 \cdot \frac{10^3}{1,5} = 14,2791 \Omega \cdot \text{km}$$

$$x_{10} = 0,1256 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0314 = 0,1256 \ln \frac{3,4}{0,69} + 0,0314 = 0,2317 \Omega \cdot \text{km}$$

Leitakse paigalduskaablite XPJ 3G2,5 ja XPJ 5G2,5 1km induktiiv- ja aktiivtakistus. Kaabli parameetrid on $a_k = 3,8$ mm ja $r_e = 0,89$ mm:

$$r_0 = C_\vartheta \cdot C_k \cdot C_p \cdot \rho_{15} \cdot \frac{10^3}{s} = 1,2 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 0,0172 \cdot \frac{10^3}{2,5} = 8,4211 \Omega \cdot \text{km}$$

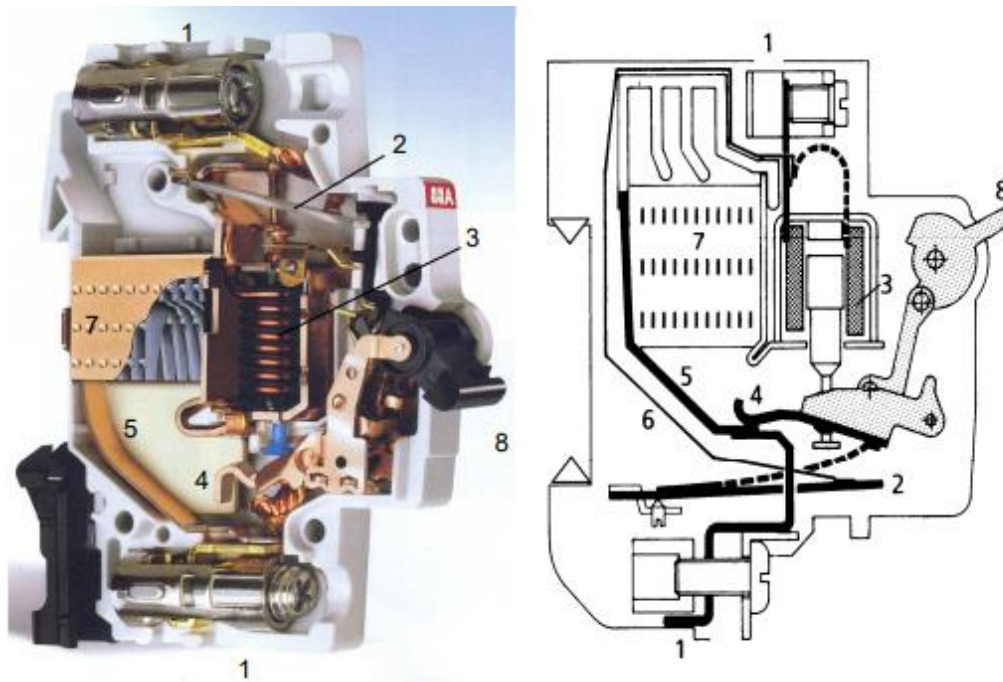
$$x_{10} = 0,1256 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0314 = 0,1256 \ln \frac{3,8}{0,89} + 0,0314 = 0,2137 \Omega \cdot \text{km}$$

Arvutatud 1 km liinide induktiiv- ja aktiivtakistuste alusel on võimalik arvutada eri liinilõikude takistused, mis vastavad liini pikkustele. Arvutustulemused on toodud lisas C.

2.9. Hoone kaitseseadmete valik

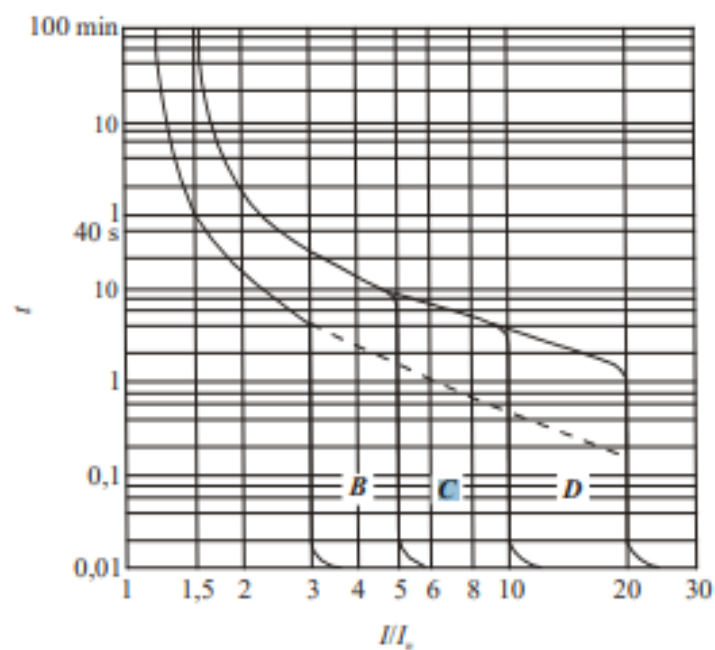
Toiteahelate juhistike ja seadmete kaitsmiseks lühise ja liigpinge eest paigaldatakse gruppide ette kaitselülitid. EVS-HD 60364-4 määrab, et liigkoormuskaitsega tuleb varustada iga vooluahel, mis peab katkestama liigkoormusvoolu enne, kui temperatuuride tõus kahjustab elektrijuhtide liiteid, isolatsiooni, klemme või ümbrust [11]. Kaitselülitel on elektromagneetilise vabasti kaitseks lühise vastu ning termovabasti kaitseteks liigkoormuse eest [10]. Liinikaitselüliteid valmistatakse enamasti B, C ja D karakteristikuga. B-karakteristikuga kaitselüliti on enamasti ette nähtud paigaldamiseks hoonesiseste elektripaigaldiste kaitseks [10]. C-karakteristikuga kaitselüliti on enamasti ette nähtud suuremate lülitusvooludega ahelate kaitseks [10]. D-karakteristikuga kaitselülitid antud projekti raames ei kasutata.

Joonisel 2.2 on kujutatud tüüpse kaitselüliti läbilõige.



Joonis 2.2.Kaitselüliti läbilõige: 1) ühendusklemmid, 2) bimetallvabasti, 3) elektromagnetvabasti, 4) liikuv kontakt, 5)kaarevenitaja, 6) abiahel, 7) kaarekustutuskamber, 8) lülitushoob[12]

Joonisel 2.3. on kujutatud liinikaitselülite rakendustunnusjooned.



Joonis 2.3.Liinikaitselülite rakendustunnusjooned[12]

Kaitselülite valikul peavad olema standardis IEC 60898-1:2015 toodud tingimused täidetud [13]:

$$I_B \leq I_n \leq I_z, \quad (2.26)$$

kus I_B on vooluahela arvutuslik vool, A;

I_n – kaitselüliti nimivool, A;

I_z – juhi lubatav kestevvool, A.

Kaitselüliti rakendumise vool, mille puhul peab kaitselüliti rakenduma ühe tunni jooksul, peab vastama tingimusele: [13]

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z, \quad (2.27)$$

kus I_2 on kaitselüliti tingrakendusvool.

Alla 5 sekundi kestvate lühiste korral on võimalik juhi enamalt lubatava temperatuurini jõudmiseks kuluvat aega arvutada valemiga 2.28: [11]

$$t = \left(\frac{k \cdot s}{I} \right)^2, \quad (2.28)$$

kus k on juhi tüübist olenev soojussalvestustegur ($k=115$ vaskjuht PVC isolatsiooniga, $k=94$ alumiiniumjuht XLPE isolatsiooniga);

s – juhi ristlõige, mm^2 ;

I – lühisvoolu ruutkeskmise väärtus, A.

Kohtkindlate seadmete toiteahelate ja magistraalliinide puhul peab väljalülitusaeg olema alla 5 sekundi. TN-süsteemide puhul on enamalt lubatud ajad vastavalt 230 V nimipingel 0,4 s ja 400V pingel 0,2 s. [11]

Tabel 2.5. Grupiliinide kaitselülitite tabel

	Grupi nr	Ristlõige s , mm^2	Arvutatud vool I , A	Kaitseüliti sättevool I_n , A	Kaitselüliti karakteristik	Arvutatud lühisvool, I_k , A	Lubatud lühisvoolu kestus t , s	Lühisvoolu kordsus I_k/I_n
	Sisestus	35	59,4	63	C	1800,00	3,34	28,57
J K 1	1.	2,5	8,7	10	C	199,17	2,08	19,92
	2.	2,5	9,6	10	C	447,65	0,41	44,76
	3.	2,5	9,6	10	C	400,93	0,51	40,09

Tabel 2.5. järg

	4.	2,5	3,9	6	B	316,78	0,82	52,80
	5.	2,5	3,9	6	B	432,38	0,44	72,06
J K 1	6.	2,5	3,9	6	B	469,18	0,38	78,20
	7.	2,5	5,2	6	B	201,81	2,03	33,64
	8.	2,5	7,8	10	B	349,05	0,68	34,91
	9.	2,5	7,8	10	B	392,25	0,54	39,22
	10.	2,5	8,7	10	C	328,26	0,77	32,83
	11.	2,5	7,8	10	B	373,74	0,59	37,37
	12.	1,5	0,7	6	B	447,65	0,15	447,65
	13.	1,5	0,9	6	B	266,04	0,42	266,04
	14.	1,5	0,9	6	B	466,88	0,14	466,88
	15.	1,5	0,4	6	B	418,12	0,17	418,12
	1.	2,5	9,6	10	C	383,93	0,56	38,39
J K 2	2.	2,5	8,7	10	C	499,69	0,33	49,97
	3.	2,5	9,6	10	C	422,30	0,46	42,23
	4.	2,5	9,6	10	C	252,78	1,29	25,28
	5.	2,5	9,6	10	C	450,30	0,41	45,03
	6.	2,5	8,7	10	C	385,10	0,56	38,51
	7.	2,5	8,7	10	C	913,16	0,10	91,32
	8.	2,5	8,7	10	C	705,66	0,17	70,57
	9.	2,5	2,2	6	C	380,47	0,57	63,41
	10.	2,5	7,8	10	B	222,47	1,67	22,25
	11.	2,5	5,2	6	B	418,12	0,47	69,69
	12.	2,5	7,8	10	B	386,27	0,55	38,63
	13.	2,5	7,8	10	B	335,21	0,74	33,52
	14.	2,5	7,8	10	B	444,51	0,42	44,45
	15.	2,5	7,8	10	B	442,95	0,42	44,30
	16.	1,5	0,9	6	B	258,80	0,44	258,80
	17.	1,5	0,9	6	B	427,52	0,16	427,52
	18.	1,5	0,9	6	B	347,14	0,25	347,14
	19.	1,5	0,4	6	B	496,76	0,12	496,76
P J K	1.	2,5	23,9	25	C	422,30	0,46	16,89
	2.	1,5	0,4	6	B	414,02	0,17	414,02

Tabelist 2.5 on näha, et enamus gruppide lubatud voolu kestused on alla 0,4 sekundi. Juhtistik on kaitstud. Vastavalt valemile 2.27 kontrollitakse peakaitsme suurust. Peakaitseks on C63 A ja toitekaabel AXPk 4G35. Toitekaabli maasse paigaldamisel on kestvalt lubatud koormus kuni $I_z = 100 \text{ A}$ [7].

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

$$50 \leq 1,45 \cdot 100 \text{ A}$$

$$50 \leq 145 \text{ A}$$

Valemiga 2.28 on võimalik kontrollida toitekaabli sobivust:

$$t = \left(\frac{k \cdot s}{I} \right)^2 = \left(\frac{94 \cdot 35}{1800} \right)^2 = 3,34 \text{ s}$$

Arvutusest tuleneb, et valitud toitekaabel talub lühisvoolu 3,34s, mis tähendab, et kaabel on lühise eest kaitstud. Hoone elektrilised joonised on toodud lisas B.

3. HOONE VALGUSTUSPROJEKT

3.1. Valgustusprojekt

Hoone korrektse standarditele vastava valgustuse valikul on abiks valgustusarvutuste teostamine. Ebakorrektned ruumide valgustatus, ehk liialt ere või liialt pime, võib põhjustada probleeme silmanägemises. Samuti on erinevate tööde teostamine ebakorrektnel valgustatuse tulemusena tugevalt häiritud. Antud bakalaureusetöö raames teostatakse valgustusarvutused vabavaralise programmiga DIALux evo 8. Eelnevalt mainitud tarkvaraga on võimalik teostada erinevaid professionaalseid valguslahendusi nii üksikute ruumide, korruste, hoonete kui ka tervete välistseenide loomiseks. DIALux tarkvara arvestab arvutustes ka ruumi seinte, põrandate kui ka lagede peegeldustegureid, et arvutustulemused vastaksid võimalikult palju reaalsele oludele. Hoone ruumide valgustamiseks kasutatakse nii seinale kui lakke paigaldatavaid valgusteid. Hoone valgustusarvutuste väljund on toodud lisas D.

Valgusteid on kõige kergem eristada ja iseloomustada läbi valgusviljakuse. Valgusviljakuseks loetakse valgusallika poolt kiiratava valgusvoo ja tema tarbitud elektrivõimsuse jagatist. Valgusviljakuse valem on toodud valemis 3.1: [14]

$$\eta = \frac{\Phi}{P}, \quad (3.1)$$

kus η on valgusviljakus, lm/W;
 P – elektriline võimsus, W;
 Φ – valgusvoog, lm.

Valgustatud iseloomustatakse valgustustihedusega, milleks on valgusvoo jagatis valgustatava pindalaga. Valgustustiheduse valem on toodud valemis 3.2: [14]

$$E = \frac{\Phi}{A}, \quad (3.2)$$

kus E on valgustustihedus, lx;
 A – valgustatav pindala, m²;

Valgustusarvutuste aluseks on standard EVS-EN 12464-1:2011, mis määrab erinevad valgutusega seotud tingimused. Valgustuse nõuded on kirjeldatud kolme esmatähtsa vajaduse rahuldamisega, milleks on: [15]

- nägemisvõime;
- nägemismugavus;
- tehis- ja päevavalgust arvestav valguskeskkond.

Peegeldunud kiirgusvoo ja langeva voo jagatist nimetatakse peegeldusteguriks. Siseruumide hajupeegeldavate pindade soovitatavad peegeldustegurid on [15]:

- lagedel 0,7...0,9;
- seintel 0,5...0,8;
- põrandatel 0,2...0,4.

Siseruumide elementide nagu mööbel, elektroonikaseadmed jms peegeldustegur peab olema vahemikus 0,2...0,7 [15]. Antud valgustusarvutuste raames ruumides olevaid seadmed ning mööblit ei arvestatud.

Eelnevalt mainitud standardis on ära määratud erinevate tegevuste ja ruumide eesmärkide alusel minimaalsed aksepteeritavad valgustiheduse väärtused [15]:

- koridorid ja liiklemisalad 100 lx;
- puhkeruumid 100 lx;
- lülitusaparaatide ruumid 200 lx;
- hoiuruumid 100 lx;
- tulettruumid 200 lx;
- sõidukite remondi ruumid 300 lx.

Enamus hoonesse valitud valgustid on LED lampidega, et tagada maksimaalne energiatõhusus. Lisaks energiatõhususele on LED lampide eeliseks ka suur valgusviljakus, pikk tööiga ning ohutus.

3.2. Valgustite valik

Valgustusprojekti hooneks on autoremondi ja –hoolduse töökoda. Kahes suures põhiruumis, kus tegeletakse autode remontimise ja hooldusega, on lagede kõrgus 5,0 m. Antud ruumides paigaldatakse valgustid 4,0 m kõrgusele ripplae süsteemiga. Autokanali ruumis on valgustus ette nähtud paigaldada 2,5 m kõrgusele. Muudes ruumides on valgustite kõrguseks laes 2,3 m. Valgustihedus arvutatakse töötasapinnal, milleks on antud juhul üheselt määratud 0,8 m. Kokku kasutati projekti arvutuste raames 5 erinevat valgustit.

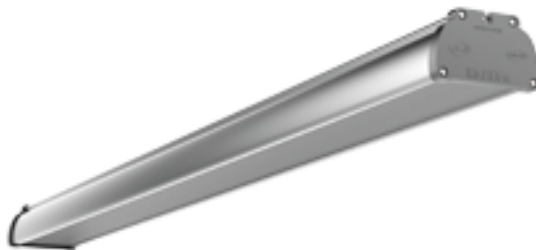
Hoone abiruumidesse on paigaldatud kaks LEDVANCE 4058075052307 DOWNLIGHT LED SLIM ROUND 155 12 W 4000 K WT valgustit. Valgusti on ette nähtud paigaldada lakke süvistatult. Abiruumides on ka erinevad lülitusaparaadid, samuti hoiustatakse antud ruumides ka erinevaid tooteid, mille nimesilte on vajalik pidevalt lugeda. Valgusti valgusvoog on 1020 lm ja võimsus 12 W. Valgustihedused kõikide ruumide tööpindadel 0,8 m on keskmiselt 280 lx, mis on üle nõutud väärtuse 200 lx. Soovitav on üle nõutud väärtuse valgustihedus, kuna ruume võib kohati käsitleda ka lugemisruumidena. Kasutatud valgusti on toodud joonisel 3.1.



Joonis 3.1. Valgusti LEDVANCE 4058075052307 DOWNLIGHT LED SLIM ROUND 155 12 W 4000 K WT [16]

Joonisel 3.1. välja toodud valgustit kasutatakse ka kütte ruumis, milles asub pelletikatel. Valgustihedus ruumi tööpindadel 0,8 m on keskmisel 331 lx. Valgustihedus on üle nõutava 200 lx, kuna ruumis asub ka dokumentide arhiivi riiul, mille sirvimiseks on vaja suuremat valgustihedust. Samuti kasutatakse antud valgustit ka ventilatsiooniseadme ruumis, kus on valgustihedus keskmiselt 283 lx ning puhkeruumis, kus on valgustihedus keskmiselt 170 lx. Tulemused on üle standardis toodud väärtuste ning on sobilikud.

Hoone kilbiruumi ja rehvipingi ruumi on paigaldatud üks VARTON - V1-I0-70072-03A00-6701865 LED luminaires IRON valgusti. Valgusti on ette nähtud paigaldada lakke pinnapealselt. Valgusti valgusvoog on 1482 lm ja võimsus 18,8 W. Valgustihedused ruumide tööpindadel 0,8 m on vastavalt 308 ja 264 lx. Kilbiruumi valgustihedus on ülenõutud väärtuse 200 lx, kuna reaalselt ei ole antud ruumis vaid elektrikilp, ruumi võib kohati käsitleda ka lugemisruumina. Rehvipingi ruumi valgustihedus on alla 300 lx, kuna ruumis on vaid rehvipink ruumi keskel, siis ruumi keskel on vajalik valgustihedus tagatud. Kasutatud valgusti on toodud joonisel 3.2.



Joonis 3.2. Valgusti VARTON - V1-I0-70072-03A00-6701865 LED luminaires IRON [17]

Hoone mõlemasse tööruumi on paigaldatud peamiseks valgusallikaks EATON - TXP4334KZ EATON – TUFFLITE LED+ IP66 valgustid. Valgusti on ette nähtud paigaldada lakke ripplae süsteemil 4,0 m kõrgusele. Valgustite valgusvoog on 3258 lm ja võimsus 21 W. Valgustitel on kaitseastmeks IP66, mis on vajalik põhjusel, et hoone katus on tugeva lekke võimaluse. Hoone teise tööruumi, kus asub kanal, on paigaldatud projektor tüüpi valgustid Performance in Lighting - 06169180 GUELL 0 A/W 20W 4000K BKRAL9005 DETEK. Valgusti valgusvoog on 1290 lm ja võimsus 20 W. Valgustid on

ette nähtud paigaldada ruumi seinale 2,5 m kõrgusele. Valgustihedused ruumide tööpindadel 0,8 m on vastavalt 334 ja 299 lx. Tööruumide valgustihedused vastavad standardis toodule. Kasutatud valgustid on toodud joonistel 3.3 ja 3.4.



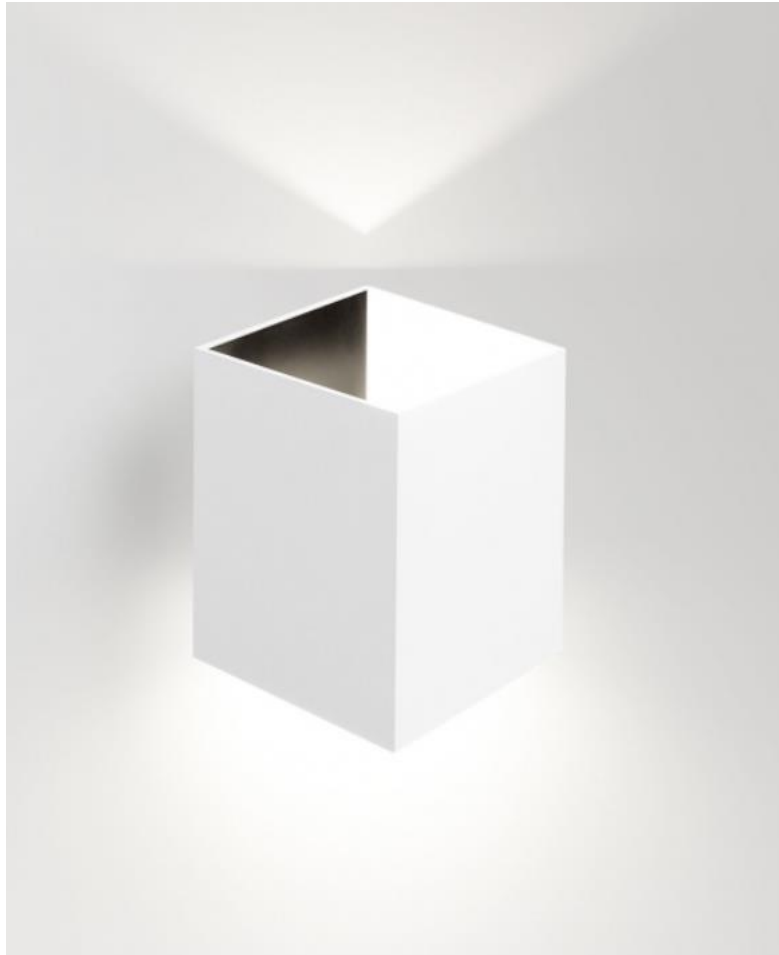
Joonis 3.3.ValgustiEATON - TXP4334KZ EATON – TUFFLITE LED+ IP66[18]



Joonis 3.4.ValgustiPerformance in Lighting - 06169180 GUELL 0 A/W 20W 4000K BKRAL9005 DETEK [19]

Hoone kahes tualettruumis on paigaldatud üks Delta Light - 278 73 812 930 ED8 FIFTY-5 930 DIM8 valgusti. Valgusti on ette nähtud paigaldada ruumide seinale pinnapealselt.

Valgusti valgusvoog on 853 lm ja võimsus 14 W. Valgustihedused ruumide tööpindadel 0,8 m on vastavalt 199 ja 196 lx. Valgusti kaitseaste on IP44. Tualettruumide valgustihedused vastavad standardis toodule. Kasutatud valgusti on toodud joonisel 3.5.



Joonis 3.5.Valgusti Delta Light - 278 73 812 930 ED8 FIFTY-5 930 DIM8[20]

Valgustite konstruktsioonid vastavad IEC normidele. Valgustusseadmed omavad CE-tähistust. Lülitus toimub käsitsi käsilülititega. Lülitite paigalduskõrgus on 1,1 m. Valgustuse plaan on toodud lisas B. Dialux dokumendid on toodud lisas D.

3.3. Valgustusseadmete koguvõimsus

Elektriline koguvõimsus hoone ruumide valgustamiseks arvutatakse valemiga 3.3:

$$P_{koguv} = \sum P_1 a \quad (3.3)$$

kus P_{koguv} on valgustite elektriline koguvõimsus, W;

P_1 – ühe valgusti võimsus, W;

a – valgustite arv.

Vastavalt valemile 3.3 leitakse hoone ruumide valgustamiseks vajalik elektriline koguvõimsus:

$$P_{koguv} = 2 \cdot 14 + 27 \cdot 21 + 12 \cdot 12 + 8 \cdot 20 + 2 \cdot 18,8 = 936,6 \text{ W.}$$

Hoone ruumide valgustamiseks vajalik elektriline koguvõimsus on 936,6 W.

Tabelis 3.1. on välja toodud valgustite spetsifikatsioon.

Tabel 3.1. Hoone valgustusseadmed

Ruum	Valgusti nimetus	Arv	Valgusti võimsus, W	Kogu- võimsus, W
1	2	3	4	5
Hoiuruumid 1, 2 ja 3	LEDVANCE - 4058075052307 DOWNLIGHT LED SLIM ROUND 155 12 W 4000 K WT	3·2	12	144
Küüteruum		2		
Puhkeruum		2		
Vent. seadme ruum		2		
Tööruum 1	EATON - TXP4334KZ EATON – TUFFLITE LED+ IP66	18	21	567
Tööruum 2		9		
Tööruum 2	Performance in Lighting - 06169180 GUELL 0 A/W 20W 4000K BKRAL9005 DETEK	8	20	160
Kilbiruum	VARTON - V1-I0-70072- 03A00-6701865 LED luminaires IRON	1	18,8	37,6
Rehvipingi ruum		1		
WC 1	Delta Light - 278 73 812 930 ED8 FIFTY-5 930 DIM8	1	14	28
WC 2		1		
Kokku				936,6

Tabelist 3.1 on näha, et arvutatud koguvõimsus on korrektne.

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö raames on käsitletud autoremondi ja –hoolduse töökoja elektripaigaldise projekti teostamist. Projekt on teostatud kooskõlas kehtivate määruste, seaduste ja standarditega. Bakalaureusetöö aluseks on võetud töökoja rekonstrueerimine, mis asub Tartu maakonnas, Kambja vallas, Reola külas.

Bakalaureusetöö eesmärgi täitmiseks on lahendatud elektriseadmete ja valgustite valik ning kontrollarvutused. Töö esimeses jaotises on kirjeldatud hoonet ennast ning välja toodud määruste, seaduste ja standardite nimekiri, millest on projekti teostamisel lähtutud.

Töö teises jaotises teostati elektrotehnilised arvutused, mis hõlmasid installeeritud ja arvutusliku võimsuse leidmist, hoone toitekaabli ristlõike ja peakaitseülili valikut, maandustakistuse arvutust, pingekao arvutusi, pingete kõrvalekallete leidmist, pinge vähenemise arvutamist elektrimootori käivitamisel, lühisvoolude arvutusi ning kaitseseadmete valikut ja selektiivsuse tagamist.

Töö kolmandas jaotises on välja toodud valgustusarvutuste tulemused. Valgustusarvutused teostati programmiga DIALux. Kirjeldatakse arvutustulemusi ning valitud valgustusseadmed. Arvutustulemustest selgub, et kõikide hoone ruumide valgustustihedused on kooskõlas standardi nõuetega.

Programmi AutoCad abil on teostatud hoone elektriseadmete paigaldus ning määratud vajaminevad kogused. Koostati elektrikilpide skeemid, millest on võimalik välja lugeda juhtide pikkused, juhtide valikud, seadmete kogused, seadmete võimsused ja kaitseseadmete valik.

Bakalaureusetöö eesmärk on saavutatud, kuna on lahendatud hoone elektripaigaldise ja valgustuse projektid. Koostatud projektid on kooskõlas kõikide kehtivate seaduste, standardite ja määrustega. Koostatud projektid on reaalse ehituse osaliseks aluseks.

KASUTATUDKIRJANDUS

1. Riigi Teataja. 2015. Määrus nr 54 02.06.2015. Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015004> (15.05.2018).
2. **Risthein, E.** Elamute elektripaigaldised. – Tallinn: Eetel-Ekspert, 2004. – 272lk.
3. **Meldorf, M., Tammoja, H., Treufeldt, Ü., Kilter, J.** Jaotusvõrgud. – Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2007. – 546lk.
4. **Lepa, J., Jürjenson, K.** Energiavarustus. – Tartu: EPMÜ, 2000. – 176 lk.
5. **Lepa, J., Jürjenson, K., Peets, T.** Elektrimaterjalid. – Tartu: EPMÜ, 1996. – 56 lk.
6. **Risthein, E.** Maandamine ja potentsiaaliühtlustus. – Tallinn: Eetel-Ekspert, 2004. – 103 lk.
7. AS Draka Keila Cables, AXPk-PLUS. [WWW] [http://www.draka.ee/public/product/AXPK %20PLUS %20est.pdf](http://www.draka.ee/public/product/AXPK%20PLUS%20est.pdf) (15.05.2018)
8. **Altpere, E., Hansson, A., Hein, K., Kändler, E.** Elektrimontööri käsiraamat. – Tallinn: Valgus, 1982. – 320 lk.
9. ABB. Small Distribution Transformers. – Estonia, 2004. – 4 lk.
10. **Teemets, R.** Kaitselülitid. – Tallinn: TTÜ Elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 1994. – 92 lk.
11. Eesti Standardikeskus. 2016. EVS-HD 60364-4-443:2016. Madalpingelised elektripaigaldised. – 23 lk.
12. **Teemets, R.** Elektrivarustus. 2011. TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut. [WWW] [https://energiatalgud.ee/img_auth.php/9/96/Teemets %2C_R._Elektrivarustus._2011.pdf](https://energiatalgud.ee/img_auth.php/9/96/Teemets%20R._Elektrivarustus._2011.pdf) (15.05.2018)
13. **Lahtmets, R.** Kaitseaparaadid. – Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 2006. – 84 lk.
14. **Tamm, T.** Valgustehnika I. – Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2009. – 111 lk.
15. Eesti Standardikeskus. 2011. EVS-EN 12464-1:2011. Valgus ja valgustus. – 46 lk.
16. Any-Lamp, Ledvance LED Downlight Specification. [WWW] <https://www.any-lamp.com/ledvance-led-downlight-slim-dn155-12w-4000k-1020lm> (15.05.2018)
17. Varton, LED Luminaire IRON product sheet. [WWW] <http://varton.eu/catalog/varton/industrial-lighting/led-luminaire-iron-ip67-1215x105x61mm> (15.05.2018)

18. Eaton, Tufflite LED+ product information. [WWW]
<https://uk.eaton.com/content/gb/en/products/product-catalog/tufflite-led-plus.html>
(15.05.2018)
19. Performance in Lighting, Guell Zero product sheet. [WWW]
<https://www.performanceinlighting.com/ww/en/products/dim-d02105> (15.05.2018)
20. Deltalight, Fifty-5 930DIM8 overview. [WWW]
<https://www.deltalight.com/en/products/detail/fifty-5-930-dim8-278-73-812-930-ed8>
(15.05.2018)

LISAD

Lisa A. Lihtlitsents

Mina, _____,
(*autori nimi*)

sünniaeg _____,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

_____,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on _____,
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)

Lisa B. Hoone elektrilised joonised

Lisa C. Arvutustulemused

Tabel C.1. Võimsuste tabel

	Grupi nr.	Nimetus	Arv	Paigaldus võimsus P, kW	Üheaegsus-tegur $k_{\text{ü}}$	Koor-mus-tegur k_k	Nõude-tegur k_n	Tulemused					
								Võimsus P _a , kW			Vool I _a , A		
								L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
JK 1	1.	Jõupesa	1	2	1	1	1	0,67	0,67	0,67	2,90	2,90	2,90
	2.	Autotõstuk	1	2,2	1	1	1	0,73	0,73	0,73	3,19	3,19	3,19
	3.	Autotõstuk	1	2,2	1	1	1	0,73	0,73	0,73	3,19	3,19	3,19
	4.	Õhksoojuspump	1	0,9	1	1	1	0,90			3,91		
	5.	Õhksoojuspump	1	0,9	1	1	1		0,90			3,91	
	6.	Õhksoojuspump	1	0,9	1	1	1			0,90			3,91
	7.	Pistikupesad	4	1,2	0,75	1	0,75	0,90			3,91		
	8.	Pistikupesad	6	1,8	0,7	1	0,7		1,26			5,48	
	9.	Pistikupesad	6	1,8	0,7	1	0,7	1,26			5,48		
	10.	Jõupesa	1	2	1	1	1	0,67	0,67	0,67	2,90	2,90	2,90
	11.	Pistikupesad	6	1,8	0,7	1	0,7		1,26			5,48	
	12.	Laeventilaatorid	3	0,15	0,8	1	0,8			0,12			0,52
	13.	Valgustus	9	0,2	0,65	1	0,65	0,13			0,57		
	14.	Valgustus	9	0,2	0,65	1	0,65		0,13			0,57	
	15.	Valgustus WC	1	0,1	1	1	1			0,10			0,43
JK 2	1.	Autotõstuk	1	2,2	1	1	1	0,73	0,73	0,73	3,19	3,19	3,19
	2.	Jõupesa	1	2	1	1	1	0,67	0,67	0,67	2,90	2,90	2,90
	3.	Autotõstuk	1	2,2	1	1	1	0,73	0,73	0,73	3,19	3,19	3,19

Tabel C.1. järg

JK 2	4.	Autotõstuk	1	2,2	1	1	1	0,73	0,73	0,73	3,19	3,19	3,19
	5.	Autotõstuk	1	2,2	1	1	1	0,73	0,73	0,73	3,19	3,19	3,19
	6.	Jõupesa	1	2	1	1	1	0,67	0,67	0,67	2,90	2,90	2,90
	7.	Jõupesa	1	2	1	1	1	0,67	0,67	0,67	2,90	2,90	2,90
	8.	Jõupesa	1	2	1	1	1	0,67	0,67	0,67	2,90	2,90	2,90
	9.	Vent. Agregaat	1	0,5	1	1	1	0,50			2,17		
	10.	Pistikupesad	6	1,8	0,7	1	0,7		1,26			5,48	
	11.	Pistikupesad	4	1,2	0,75	1	0,75			0,90			3,91
	12.	Pistikupesad	6	1,8	0,7	1	0,7	1,26			5,48		
	13.	Pistikupesad	6	1,8	0,7	1	0,7		1,26			5,48	
	14.	Pistikupesad	6	1,8	0,7	1	0,7			1,26			5,48
	15.	Pistikupesad	6	1,8	0,7	1	0,7	1,26			5,48		
	16.	Valgustus	13	0,2	0,6	1	0,6		0,12			0,52	
	17.	Valgustus	9	0,2	0,65	1	0,65			0,13			0,57
	18.	Valgustus	8	0,2	0,65	1	0,65	0,13			0,57		
	19.	Valgustus WC	1	0,1	1	1	1		0,10			0,43	
P J K	1.	Kompressor	1	5,5	1	0,6	0,6	1,10	1,10	1,10	4,78	4,78	4,78
	2.	Kilbiruumi valgusti	1	0,1	1	1	1			0,10			0,43
		Summa		52,15				44,64					

Tabel C.2. Liinide pingekaod

	Grupi nr.	Nimetus	Võimsus P_a, W	Liini pikkus l, m	Ristlõikepindala s, mm²	Pinge U, V	Pingekadu ΔU, %
JK1	1.	Jõupesa	666,67	16	2,5	400	0,09
	2.	Autotõstuk	733,33	16	2,5	400	0,10
	3.	Autotõstuk	733,33	15	2,5	400	0,09
	4.	Õhksoojuspump	900,00	32	2,5	230	0,75
	5.	Õhksoojuspump	900,00	24	2,5	230	0,56
	6.	Õhksoojuspump	900,00	18	2,5	230	0,42
	7.	Pistikupesad	900,00	36	2,5	230	0,84
	8.	Pistikupesad	1260,00	26	2,5	230	0,85
	9.	Pistikupesad	1260,00	40	2,5	230	1,31
	10.	Jõupesa	666,67	26	2,5	400	0,15
	11.	Pistikupesad	1260,00	22	2,5	230	0,72
	12.	Laeventilaatorid	120,00	40	1,5	230	0,21
	13.	Valgustus	130,00	52	1,5	230	0,29
	14.	Valgustus	130,00	88	1,5	230	0,50
	15.	Valgustus WC	100,00	16	1,5	230	0,07
JK2	1.	Autotõstuk	733,33	16	2,5	400	0,10
	2.	Jõupesa	666,67	8	2,5	400	0,05
	3.	Autotõstuk	733,33	6	2,5	400	0,04

Tabel C.2. järg

JK2	4.	Autotõstuk	733,33	10	2,5	400	0,06
	5.	Autotõstuk	733,33	11	2,5	400	0,07
	6.	Jõupesa	666,67	18	2,5	400	0,10
	7.	Jõupesa	666,67	22	2,5	400	0,13
	8.	Jõupesa	666,67	4	2,5	400	0,02
	9.	Vent. Agregaat	500,00	18	2,5	230	0,23
	10.	Pistikupesad	1260,00	22	2,5	230	0,72
	11.	Pistikupesad	900,00	15	2,5	230	0,35
	12.	Pistikupesad	1260,00	30	2,5	230	0,98
	13.	Pistikupesad	1260,00	34	2,5	230	1,11
	14.	Pistikupesad	1260,00	26	2,5	230	0,85
	15.	Pistikupesad	1260,00	22	2,5	230	0,72
	16.	Valgustus	120,00	54	1,5	230	0,28
	17.	Valgustus	130,00	48	1,5	230	0,27
	18.	Valgustus	130,00	42	1,5	230	0,24
	19.	Valgustus WC	100,00	52	1,5	230	0,23
PJK	1.	Kompressor	1100,00	6	2,5	400	0,09
	2.	Kilbiruumi valgusti	100,00	5	1,5	230	0,02

Tabel C.3. Lühiste arvutustulemused

		Rist- lõige	Liini pikk- us	1 km liini aktiiv- takistus	1 km liini 3f. induktiiv- takistus	1 km liini 1f. induktiiv- takistus	3f. liini aktiiv- takistus	1f. liini aktiiv- takistus	3f. liini induktiiv- takistus	1f. liini induktiiv- takistus	Liini 3f. näiv- takistus	Liini 1f. näiv- takistus	Voolu- ringi 3f. näiv- takistus	Voolu- ringi 1f. näiv- takistus	3f. lühis- vool	1f. lühis- vool
	Nr grupis	s , mm ²	l , m	r_0 , Ω ·km	x_0 , Ω ·km	x_{10} , Ω ·km	$r_{l(3)}$, Ω	$r_{l(1)}$, Ω	$x_{l(3)}$, Ω	$x_{l(1)}$, Ω	$\Sigma z_{l(3)}$, Ω	$\Sigma z_{l(1)}$, Ω	$\Sigma z_{(3)}$, Ω	$\Sigma z_{(1)}$, Ω	$I_{(3)}$, A	$I_{(1)}$, A
	Trafo	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0256	0,1040	0,0256	0,1040	8984	2212
	LK	120	100	0,2891	0,0897	0,1789	0,0289	0,0578	0,0090	0,0179	0,0448	0,0750	0,0704	0,1790	3266	1285
	PJK	35	40	1,0547	0,1015	0,2024	0,0422	0,0844	0,0041	0,0081	0,0573	0,0997	0,1277	0,2787	1800	825
J K I	1.	2,5	16	9,0702	0,1071	0,2137	0,1451	0,2902	0,0017	0,0034	0,1601	0,3053	0,2623	0,5839	877	394
	2.	2,5	16	9,0702	0,1071	0,2137	0,1451	0,2902	0,0017	0,0034	0,1601	0,3053	0,3776	0,5839	609	394
	3.	2,5	15	9,0702	0,1071	0,2137	0,1361	0,2721	0,0016	0,0032	0,1511	0,2871	0,4713	0,5658	488	407
	4.	2,5	32	9,0702		0,2137		0,5805		0,0068		0,5955		0,8742		263
	5.	2,5	24	9,0702		0,2137		0,4354		0,0051		0,4504		0,7291		315
	6.	2,5	18	9,0702		0,2137		0,3265		0,0038		0,3416		0,6202		371
	7.	2,5	36	9,0702		0,2137		0,6531		0,0077		0,6681		0,9468		243
	8.	2,5	26	9,0702		0,2137		0,4717		0,0056		0,4867		0,7654		301
	9.	2,5	40	9,0702		0,2137		0,7256		0,0085		0,7407		1,0193		226
	10.	2,5	26	9,0702	0,1071	0,2137	0,2358	0,4717	0,0028	0,0056	0,2508	0,4867	0,2508	0,7654	917	301
	11.	2,5	22	9,0702		0,2137		0,3991		0,0047		0,4141		0,6928		332
	12.	1,5	40	15,1171		0,2317		1,2094		0,0093		1,2244		1,5031		153
	13.	1,5	52	15,1171		0,2317		1,5722		0,0120		1,5872		1,8659		123
	14.	1,5	88	15,1171		0,2317		2,6606		0,0204		2,6757		2,9544		78
	15.	1,5	16	15,1171		0,2317		0,4837		0,0037		0,4988		0,7774		296

Tabel C.3. järg

J K 2	1.	2,5	16	9,0702	0,1071	0,2137	0,1451	0,2902	0,0017	0,0034	0,1601	0,3053	0,1601	0,5839	1436	394
	2.	2,5	8	9,0702	0,1071	0,2137	0,0726	0,1451	0,0009	0,0017	0,0876	0,1601	0,0876	0,4388	2627	524
	3.	2,5	6	9,0702	0,1071	0,2137	0,0544	0,1088	0,0006	0,0013	0,0694	0,1238	0,0694	0,4025	3313	571
	4.	2,5	10	9,0702	0,1071	0,2137	0,0907	0,1814	0,0011	0,0021	0,1057	0,1964	0,1057	0,4751	2176	484
	5.	2,5	11	9,0702	0,1071	0,2137	0,0998	0,1995	0,0012	0,0024	0,1148	0,2146	0,1148	0,4932	2004	466
	6.	2,5	18	9,0702	0,1071	0,2137	0,1633	0,3265	0,0019	0,0038	0,1783	0,3416	0,3384	0,6202	680	371
	7.	2,5	22	13,8744	0,1071	0,2137	0,3052	0,6105	0,0024	0,0047	0,3202	0,6255	0,4078	0,9670	564	238
	8.	2,5	4	14,7655	0,1071	0,2137	0,0591	0,1181	0,0004	0,0009	0,0741	0,1331	0,1435	1,1002	1603	209
	9.	2,5	18	9,0702		0,2137		0,3265		0,0038		0,3416		0,6202		371
	10.	2,5	22	9,0702		0,2137		0,3991		0,0047		0,4141		0,6928		332
	11.	2,5	15	9,0702		0,2137		0,2721		0,0032		0,2871		0,5658		407
	12.	2,5	30	9,0702		0,2137		0,5442		0,0064		0,5593		0,8379		274
	13.	2,5	34	9,0702		0,2137		0,6168		0,0073		0,6318		0,9105		253
	14.	2,5	26	9,0702		0,2137		0,4717		0,0056		0,4867		0,7654		301
	15.	2,5	22	9,0702		0,2137		0,3991		0,0047		0,4141		0,6928		332
	16.	1,5	54	15,1171		0,2317		1,6326		0,0125		1,6477		1,9264		119
	17.	1,5	48	15,1171		0,2317		1,4512		0,0111		1,4663		1,7450		132
	18.	1,5	42	15,1171		0,2317		1,2698		0,0097		1,2849		1,5636		147
	19.	1,5	52	15,1171		0,2317		1,5722		0,0120		1,5872		1,8659		123
P J K	1.	2,5	6	9,0702	0,1071	0,2137	0,0544	0,1088	0,0006	0,0013	0,0694	0,1238	0,0694	0,4025	3313	571
	2.	1,5	5	15,1171		0,2317		0,1512		0,0012		0,1662		0,4449		517

Lisa D. Dialuxi dokumendid